

**PENGEMBANGAN BIO-ETANOL DARI LIMBAH
“BLOTONG” SEBAGAI CAMPURAN BAHAN BAKAR
PADA KENDARAAN BERMOTOR**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Strata II pada
Program Studi Magister Teknik Mesin**

Oleh

ROFIQ ALI MUHSIN
U.100.16.0022

**MAGISTER TEKNIK MESIN SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2020

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENGEMBANGAN BIO-ETANOL DARI LIMBAH
“BLOTONG” SEBAGAI CAMPURAN BAHAN BAKAR
PADA KENDARAAN BERMOTOR**

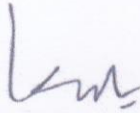
PUBLIKASI ILMIAH

Oleh

ROFIQ ALI MUHSIN
U.100.16.0022

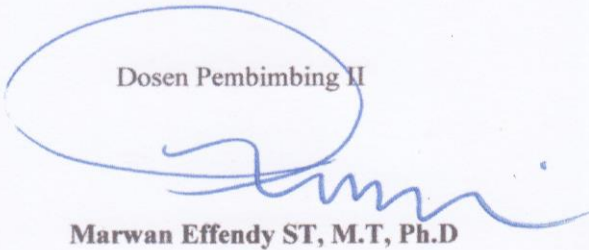
Telah diperiksa dan disetujui oleh

Dosen Pembimbing I



Tri Widodo Besar Riyadi, ST, M.Sc, Ph.D

Dosen Pembimbing II



Marwan Effendy ST, M.T, Ph.D

HALAMAN PENGESAHAN
PENGEMBANGAN BIO-ETANOL DARI LIMBAH “BLOTONG”
SEBAGAI CAMPURAN BAHAN BAKAR PADA KENDARAAN
BERMOTOR

OLEH
ROFIQ ALI MUHSIN
U 100 16 0022

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Selasa, 7 Juli 2020
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

DEWAN PENGUJI

1. Tri Widodo Besar Riyadi, ST, M.Sc, Ph.D.
(Ketua Dewan Penguji)
2. Marwan Effendy, ST, M.T, Ph.D.
(Sekertaris Dewan Penguji)
3. Joko Sedyono, S.T, M.Eng, Ph.D.
(Anggota Dewan Penguji)

(*[Signature]*)
(*[Signature]*)
(*[Signature]*)

Direktur Sekolah Pascasarjana
Universitas Muhammadiyah Surakarta



[Signature]
Prof. Dr. Bambang Sumardjoko

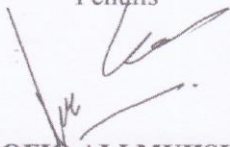
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pertanyaan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, Juli 2020

Penulis


ROFIQ ALI MUHSIN
U100160022

PENGEMBANGAN BIO-ETANOL DARI LIMBAH “BLOTONG” SEBAGAI CAMPURAN BAHAN BAKAR PADA KENDARAAN BERMOTOR

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penambahan bioetanol ke dalam bensin terhadap performa mesin dan emisi gas buang. Dalam percobaan ini limbah ampas tebu digunakan untuk menghasilkan bioetanol. Sifat bioetanol diuji sebelum ditambahkan ke bahan bakar bensin murni. Percobaan dilakukan dengan mesin satu silinder empat langkah dengan kecepatan mesin 4.000-7.200 rpm. Torsi dan tenaga yang dihasilkan dari proses pembakaran kemudian dievaluasi. Berdasarkan uji sifat bioetanol dengan 96% didapatkan nilai kalor sekitar 8.220,78 kkal / kg, sedangkan titik nyala sekitar 16,5 °C. Sayangnya, bioetanol yang dihasilkan tidak memenuhi kualitas yang diharapkan untuk kebutuhan pembakaran karena proses pengolahan yang terbatas. Dari penambahan 10% bioetanol, baik torsi maupun tenaga lebih kecil dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar bensin murni. Hal ini terkait dengan kualitas bioetanol yang digunakan dalam percobaan tersebut yang menyebabkan kualitas bahan bakar campuran tersebut. Penambahan 10% bioetanol ke dalam bensin menyebabkan sedikit peningkatan emisi CO dari 0,09 menjadi 15%, sedangkan HC turun dari 2,35 menjadi 1,86 ppm.

Kata kunci : Bioetanol, Blotong Tebu, Nilai Ekonomis, Performa Mesin, Emisi Gas Buang.

Abstract

This study aims to evaluate the addition of bioethanol into gasoline against the engine performance and exhaust gas emissions. In this experiment, bagasse waste was used to produce bioethanol. The properties of bioethanol were tested before adding to pure gasoline fuel. Experiments were carried out by a single-cylinder four-stroke engine ranging to 4,000-7,200 rpm of speed engine. Torque and power resulted from combustion process were then evaluated. Based on the properties tests of bioethanol with 96%, it was found that the calorific value is about 8,220.78 kcal/kg, while the flashpoint is around 16.5 °C. Unfortunately, the produced bioethanol does not reach the highest quality as expected for combustion requirement due to a limited treatment process. From the addition of 10% bioethanol, both torque and power are less than that of the use of pure gasoline fuel. It is attributed to the quality of bioethanol used in the experiment, which causes the quality of

blended fuel. The addition of 10% bioethanol into gasoline causes a slight increase for CO emission from 0.09 to 15%, while HC decrease from 2.35 to 1.86 ppm.

Keywords: Bioethanol, Blotong, Economic Value, Engine Performance, Flue Gas Emissions.

1. PENDAHULUAN

Meningkatnya alat transportasi berbahan bakar fosil menyebabkan semakin meningkatnya pemanasan global dan menurunnya kualitas udara. Indonesia dalam satu decade terakhir memiliki ketergantungan yang besar pada bahan bakar fosil. Oleh karena itu bangsa Indonesia masih berusaha keras untuk dapat mengembangkan bioenergi salah satunya adalah *bioethanol*. Pemanfaatan bioethanol sebagai campuran bahan bakar non diesel di Indonesia ditargetkan mencapai 15% pada tahun 2025[1]. Riset dan produksi bioethanol dari bahan alam menjadi tantangan menarik sebagai upaya substitusi bahan bakar fosil [2]. Bioethanol mempunyai prospek yang sangat bagus karena sumber daya alam yang melimpah di Indonesia. Bioethanol merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang paling menguntungkan untuk dicampur dengan bensin dan digunakan pada mesin pembakaran dalam [3]. Bioethanol merupakan bahan bakar alternatif untuk bensin tanpa timbal sebagai bahan bakar otomotif, dan dapat digunakan tanpa modifikasi mesin [4]. Kelebihan lain dari bioethanol karena dalam hal penggunaan, penyimpanan dan pengangkutan bahan bakar bioethanol mirip dengan bahan bakar bensin [5]. Selain itu bioethanol mempunyai kelebihan juga dapat diperbarui. Bioethanol juga mudah larut dan mampu digunakan sebagai oksigenasi dalam bensin sehingga dapat mereduksi emisi gas buang lebih ramah lingkungan [6].

Beberapa penelitian terkait penggunaan bioethanol untuk bahan bakar alternatif ditinjau dari segi performa mesin dan emisi gas buang telah banyak dilakukan. Najafi dkk [7] menyelidiki kinerja mesin penyalan dengan menggunakan busi empat langkah dengan bahan bakar campuran bensin-etanol dan mereka mengamati bahwa E20 meningkatkan efisiensi pembakaran 35%. Sedangkan untuk konsumsi bahan bakar spesifik mengalami penurunan dibanding penggunaan bahan bakar bensin. Koç

dkk [8] menggunakan rasio etanol yang lebih tinggi pada campuran (E50 dan E85) pada mesin penyalan dengan menggunakan busi satu silinder. Mereka menyatakan bahwa konsumsi bahan bakar spesifik rem (BSFC) meningkat masing-masing 203% dan 45,6% untuk E50 dan E85. Sedangkan Ghazikhani dkk [9] menganalisa emisi gas buang oleh mesin penyalan dengan menggunakan busi dua langkah menggunakan bahan bakar campuran bensin-etanol. Mereka menyimpulkan bahwa pengurangan emisi karbon monoksida (CO) dan nitrogen oksida (NO_x) sebesar 32% dan 38% dengan menggunakan campuran bahan bakar bensin-etanol pada konsentrasi 15%. Sementara itu, Schifter dkk [10] mengamati bahwa 20% campuran etanol dalam mesin silinder tunggal menyebabkan emisi CO dan hidrokarbon (HC) berkurang masing-masing 52% dan 19%. Penelitian Anlonietta dkk [11] menyimpulkan bahwa bercampurnya bioethanol dengan bensin akan menjadikan terjadinya peningkatan oksigen dan menurunkan emisi gas buang yang disebabkan proses pembakaran yang tidak sempurna. Penambahan etanol pada bensin memicu peningkatan kandungan oksigen dalam campuran sehingga mampu mereduksi emisi gas hasil pembakaran tidak sempurna [12] [13].

Bioethanol merupakan sumber energi terbarukan yang dapat diproduksi dari bahan-bahan yang mengandung gula dan pati [14]. Bioethanol bisa didapat dari bahan bergula seperti aren, tebu dan sorgum manis. Bioethanol bisa juga diperoleh dari bahan baku berpati seperti sagu, jagung dan ubi selain itu juga bisa didapat dari bahan baku berlignoselulosa seperti ongkok dan jerami [15]. Penggunaan bahan baku non pangan sebagai bahan dasar produksi bioethanol sangat penting karena tidak bersaing dengan kebutuhan pangan [3].

Salah satu bahan yang potensial sebagai bahan baku bioethanol adalah blotong. Blotong merupakan limbah dari pengolahan tebu pada pabrik gula. Blotong mempunyai sifat padat dan hangat. Limbah ini belum banyak dimanfaatkan secara maksimal, ini terbukti pada pabrik gula hanya dibuang dan penduduk dipersilahkan mengambil secara bebas. Blotong tidak memiliki nilai jual. Masyarakat hanya mengeluarkan biaya angkut pada proses pengambilan jika mau memanfaatkannya.

.Masyarakat sekitar pabrik gula memanfaatkan blotong sebagai bahan timbunan atau pemanfaatan blotong untuk urug tanah dan pupuk tanaman [16].

Blotong dari limbah pabrik gula memiliki kandungan karbohidrat tinggi yang belum dimanfaatkan untuk di proses menjadi bahan baku bioethanol. Blothong sangat potensial untuk pembuatan *bioethanol* karena masih banyak mengandung glukosa yang cukup banyak. Selama ini, limbah blothong hanya dibuang ke sungai oleh perusahaan, sehingga menimbulkan bau busuk dan mengakibatkan pencemaran lingkungan. Hal tersebut yang menyebabkan limbah blothong perlu diadakan penelitian untuk meningkatkan nilai guna dan tidak mencemari lingkungan sekitar.

Penelitian tentang limbah blotong menjadi bioetanol telah dilakukan oleh Abidin [17] pada penelitian ini kadar bioetanol paling optimal dari didapat pengolahan bahan baku 250 gr limbah blotong di campur dengan 1.000 ml air, ragi 10 gr kemudian dilakukan proses fermentasi selama 6 hari dengan hasil yang didapat adalah etanol dengan kadar 7% dengan nilai kalori 9770, 846 kcal/kg. Melalui destilasi bertingkat di dapat kadar alcohol mencapai 94% dengan biaya produksi Rp 38. 077 per liter

Penelitian Prasetyo [18] ada penelitian hasil optimal didapat dari bahan baku blotong 250 gr, volume air 1000 ml, penambahan ragi 15 gr yang menghasilkan dengan lama fermentasi 4 hari. Distilasi pertama menghasilkan kadar *bioethanol* 5%, proses distilasi yang kedua dengan penambahan garam 20 gr menghasilkan kadar *bioethanol* 10%. Hasil pengujian nilai kalor dari campuran pertalite dan *bioethanol* limbah blothong yaitu 5% *bioethanol* menghasilkan nilai kalor 10.757,702 cal / gr, 10% dengan nilai kalor 9.250,416 cal / gr, 15% *bioethanol* menghasilkan nilai kalor 9.067,775 cal / gr. Pengujian nilai kalor menggunakan *Bomb Calorimeter*.

Dari beberapa penelitian sebelumnya di atas belum dikaji secara mendalam terkait lama waktu penyimpanan limbah blotong sebelum digunakan pada proses dehidrasi. Selain itu juga belum dilakukan perhitungan nilai ekonomis secara mendetail terkait potensi yang bias dikembangkan dalam skala produksi masal.

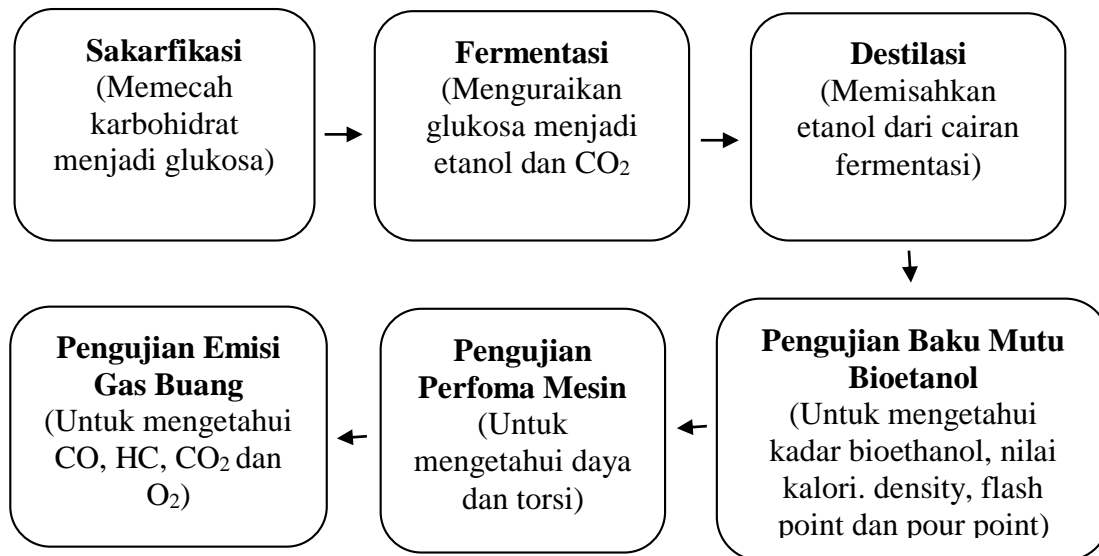
Berkaitan dengan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi performa mesin dan emisi gas buang untuk mengukur pengaruh campuran pertalite dengan bioethanol dari limbah blootong. Variasi campuran yang digunakan adalah

10% bioethanol dengan 90% pertalite (E10). Parameter yang diteliti pada performa mesin adalah daya dan torsi. Sedangkan pada uji emisi gas buang parameter yang diteliti adalah besarnya HC, CO, CO₂ dan O₂. Putaran mesin divariasikan pada rentang 4000 sampai dengan 7250 rpm.

Penelitian ini diharapkan menjadi bahan kajian dan informasi mengenai pengaruh penambahan bioethanol kedalam bensin. Tujuan penelitian adalah untuk menjelaskan proses pembuatan bioethanol dari bahan baku limbah blotong pabrik gula sebagai bahan alternative campuran bensin serta pengaruhnya terhadap performa mesin dan emisi gas buang.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan diawali dengan pembuatan bioethanol dengan proses sakarifikasi, proses fermentasi dan proses destilasi. Bioatanol yang dihasilkan kemudian dilakukan pengujian baku mutu serta dilakukan sebagai bahan bakar pada uji perform mesin.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1 Pembuatan Bioetanol dari Limbah Blotong

Bahan baku limbah blotong diambil di Pabrik Gula Pagotan kemudian disimpan baru digunakan untuk awal penelitian dalam waktu satu sampai dengan sepuluh hari. Untuk memecah karbohidrat menjadi glukosa, limbah blotong dilakukan proses sakarifikasi dengan cara memasukan 250 gram limbah blotng pada air mendidih dengan volume 200 ml sampai 2.000 ml dengan selisih tiap 200 ml. Proses pengadukan dilakukan sampai limbah blotong hingga seperti bubur. Proses berikutnya dilakukan mendinginkan limbah blotong dengan air yang sudah ditaruh pada wadah terbuka supaya proses pendinginan lebih cepat.

Proses fermentasi dilakukan dengan mencampurkan ragi tape seberat 2 sampai 20 gram dengan pembeda tiap 2 gram pada blotong yang sudah dingin dalam jirigen. Jirigen dipastikan tertutup dengan rapat agar tidak ada kebocoran udara. Waktu fermentasi dibuat bervariasi dari satu sampai sepuluh hari dengan interval waktu tiap satu hari diambil hasilnya.

Destilasi dilakukan dengan menggunakan kompor listrik yang sudah dipasang dengan thermocontrol pengatur suhu. Alat yang digunakan adalah labu destilasi dengan kapasitas 1500 ml dan hasil destilasi ditampung pada labu penampungan yang sudah dilengkapi dengan thermocouple pada labu destilasi. Untuk proses pendinginan pada proses penguapan digunakan condenser liebigh yang telah dipasang selang yang dialiri air untuk mempercepat proses pendinginan. Sebanyak 1.000 ml limbah blotong di saring kemudian dimasukan labu destilasi kemudian dengan suhu awal 78⁰ sebagai titik didih bioethanol sebagai proses awal proses destilasi. Alkoholmeter digunakan untuk mengukur kadar alkohol padari hasil proses destilasi ini.

Untuk mendapatkan hasil bioethanol yang lebih banyak dan kadar lebih tinggi maka digunakan teknik destilasi bertingkat. Destilasi bertingkat dilakukan dengan empat tingkat agar dihasilkan kadar bioetanol lebih dari 90%. Destilasi I menggunakan komposisi 10 kali lebih besar yaitu 2.500 gram limbah blotong, 10.000 ml air dan 100 gram ragi alat yang digunakan yaitu dua alat yang berkapasitas 5,5 liter. alat pemanas berdaya 1.000 watt dan waktu destilasi masing masing berdurasi 3 jam. Destilasi II menggunakan bahan baku hasil bioetanol destilasi I sebesar 6.000 ml. Alat yang

digunakan berkapasitas 5,5 liter, alat pemanas berdaya 1.000 watt dan waktu destilasi berdurasi 3 jam. Pada destilasi ini ditambahkan garam sebanyak 600 gram. Destilasi III menggunakan bahan baku hasil bioetanol destilasi II sebesar 1.500 ml. Alat yang digunakan berkapasitas 1,5 liter. alat pemanas berdaya 300 watt dan waktu destilasi berdurasi 2 jam. Pada destilasi ini ditambahkan garam sebanyak 150 gram. Destilasi IV menggunakan bahan baku hasil bioetanol destilasi III sebesar 1.000 ml. Alat yang digunakan berkapasitas 1,5 liter. alat pemanas berdaya 300 watt dan waktu destilasi berdurasi 1 jam. Pada destilasi ini ditambahkan garam sebanyak 100 gram.

2.2 Pengujian

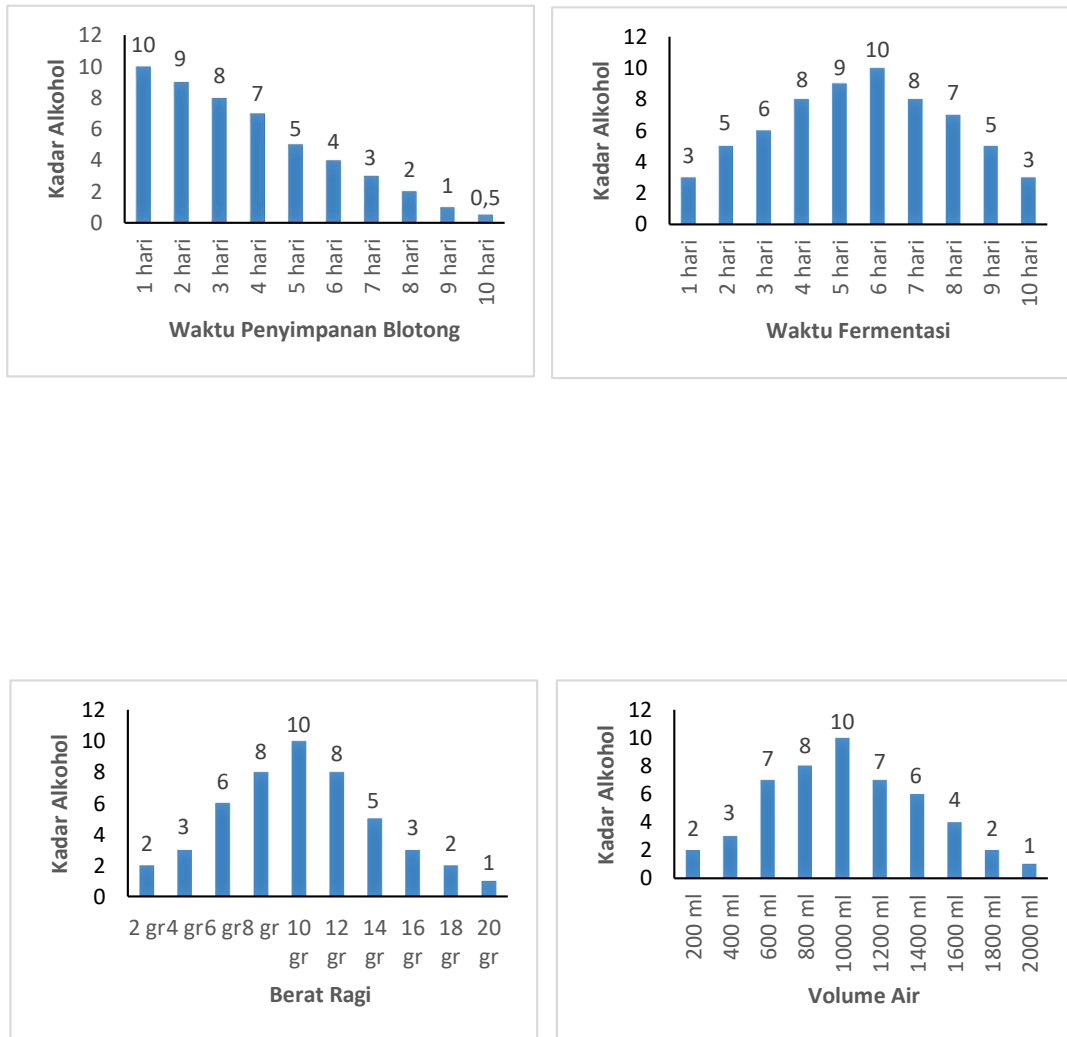
Pengujian yang pertama dilakukan untuk mengukur kandungan alkohol pada bioethanol dengan menggunakan alcohol meter yang dilengkapi dengan skala yang menunjukkan kadar alkohol pada bagian atasnya. Prinsip kerja pada alat alcoholmeter ini berdasarkan berat jenis antara campuran alkohol dan air. Proses pengukuran kadar alkohol dengan memasukkan bioethanol ke dalam gelas ukur dengan tinggi lebih panjang dari alat alcoholmeter. Ketika batang alcoholmeter dimasukan ke dalam gelas ukur maka akan tenggelam dan batas air akan menunjukkan berapa kandungan alkohol di dalam larutan. bioethanol yang dapat diukur.

Pengujian berikutnya digunakan alat calorimeter bom untuk mengetahui nilai kalor. Alat ini untuk digunakan untuk mengetahui nilai kalori yang dibebaskan pada pembakaran sempurna (dalam O_2 berlebih) pada suatu senyawa, bahan bakar, bahan makanan. Pengujian performa mesin dilakukan dengan mencampurkan bioetanol berkadar 96% dari limbah blotong hasil destilasi ke dalam pertalite. Variasi campuran dibuat dengan 10% bioethanol dan 90% pertalite. Pengujian menggunakan mesin 4 langkah dengan kapasitas mesin 100 cc. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan hasil performa mesin yang ditunjukkan dengan daya dan torsi serta pengujian emisi gas buang. Dengan menggunakan alat dynotest tipe smart power SP1 dan alat emisi gas buang.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengolahan Bioethanol dari Limbah Blotong

Optimalisasi pengolahan limbah blotong didapatkan dengan memperlakukan sample limbah blotong berdasar variable lama waktu penyimpanan limbah blotong sebelum diolah menjadi bioetanol, waktu fermentasi, berat ragi yang digunakan dan perbandingan volume air yang pada proses fermentasi.



Gambar 2. Optimalisasi Pengolahan Bioethanol dari Limbah Blotong

Berdasarkan Gambar 2, kondisi optimal pada pengolahan limbah blotong tebu menjadi bioethanol didapatkan dengan menggunakan komposisi limbah blotong 250

gr yang simpan 1 hari sebelum digunakan, berat ragi 10 gr, waktu fermentasi 6 hari dan volume air 1000 ml yang menghasilkan kadar alcohol sebesar 10%.

Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Abidin [17] yang menghasilkan kadar 7% etanol, pada penelitian ini dengan komposisi bahan yang sama dihasilkan kadar etanol lebih banyak yaitu 10%. Sehingga variable lama waktu penyimpanan limbah blotong terbukti sangat berpengaruh terhadap kadar etanol yang dihasilkan.

Untuk mendapatkan hasil bioetanol yang lebih banyak dan kadar lebih tinggi maka digunakan teknik destilasi bertingkat. Destilasi bertingkat dilakukan dengan empat tingkat agar dihasilkan kadar bioetanol lebih dari 90%. Hasil dari penelitian tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil distilasi bertingkat

Destilasi	Volume Bioetanol hasil Destilasi	Kadar <i>Bioethanol</i> (%)
I	6.000 ml	10
II	1.500 ml	66
III	1.000 ml	90
IV	750 ml	96

Pada proses pemurnian etanol dibandingkan dengan penelitian oleh Abidin [17], pada hasil proses destilasi bertingkat dihasilkan kadar etanol sebesar 94%, pada penelitian ini dengan komposisi bahan yang sama dihasilkan etanol dengan kadar 96%. Sehingga variable lama waktu penyimpanan limbah blotong terbukti juga berpengaruh terhadap kadar etanol yang dihasilkan melalui proses destilasi bertingkat.

3.2 Baku Mutu Bioethanol Limbah Blothong

Bioetanol yang dihasilkan dari destilasi bertingkat dilakukan uji laboratorium kemudian dibandingkan dengan baku mutu standar bioetanol. Perbandingan hasil laboratorium bioetanol limbah blotong dengan baku mutu bioetanol tersaji pada Tabel 2

Tabel 2. Data hasil pengujian laboratorium

No	Karakteristik	Standar Baku Mutu	Bioetanol Blotong	Sat	Metode
1	Kadar Etanol	94,0 sebelum denaturasi	96	%v, min	Akohol meter
2	Viskositas	0,0141	4,3	cPS	ASTM D 445
3	Density 15 ⁰ C	0,7936 – 0,791	809,8	Kg/l	ASTM D 1298
4	Density 30 ⁰ C		819,6	Kg/l	ASTM D 1298
5	Flash point	12,7	16,5	⁰ C	ASTM D 93
6	Pour point	-114	>-80	⁰ C	ASTM D 97
7	Nilai Kalori	7098,47	8220,78	Kcal/kg	Bomb Kalori

Dari data di atas kadar etanol yang dihasilkan sebesar 96% sehingga melebihi standar baku mutu 94%. Nilai viskositas yang dihasilkan pada pengukuran bioetanol lebih tinggi dari standar yaitu 4,3 cPS sehingga dapat diartikan mempunyai kemampuan lebih untuk dipompa dan diatomisasikan. Nilai Flash point diatas standar baku mutu sehingga dapat diartikan penyalaan api akan lebih cepat terjadi jika ada percikan bunga api pada proses pembakaran. Nilai pour point juga dibawah standar baku mutu sehingga menunjukkan temperatur terendah dari bioethanol dapat disimpan serta masih dapat mengalir walaupun lambat pada alat pengujian standar. Nilai kalor pada etanol yang dihasilkan lebih besar dari standar baku mutu sehingga dapat diartikan jumlah kalor yang dihasilkan lebih baik pada proses pembakaran dengan oksigen.

3.3 Sifat Kimia Fisika Campuran Bahan Bakar Pertalite-Bioetanol Blotong

Tebu .

Sebelum penelitian terhadap performa mesin dan emisi gas buang dilakukan, campuran bahan bakar disiapkan dan dipastikan homogen untuk menghindari reaksi bioetanol dengan air. Bioetanol dicampur dengan pertalite yang diperoleh dari SPBU resmi Pertamina dengan nilai *research octane number* (RON) 90 sebagai basis bahan bakar. Sifat sifat Kimia Fisika pertalite dan pertalite dengan bioethanol blotong tebu diperiksa berdasarkan standar ASTM dan membandingkannya dengan penelitian lain yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Sifat Kimia Fisika Pertalite dan Campuran Pertalite-Bioetanol Blotong Tebu

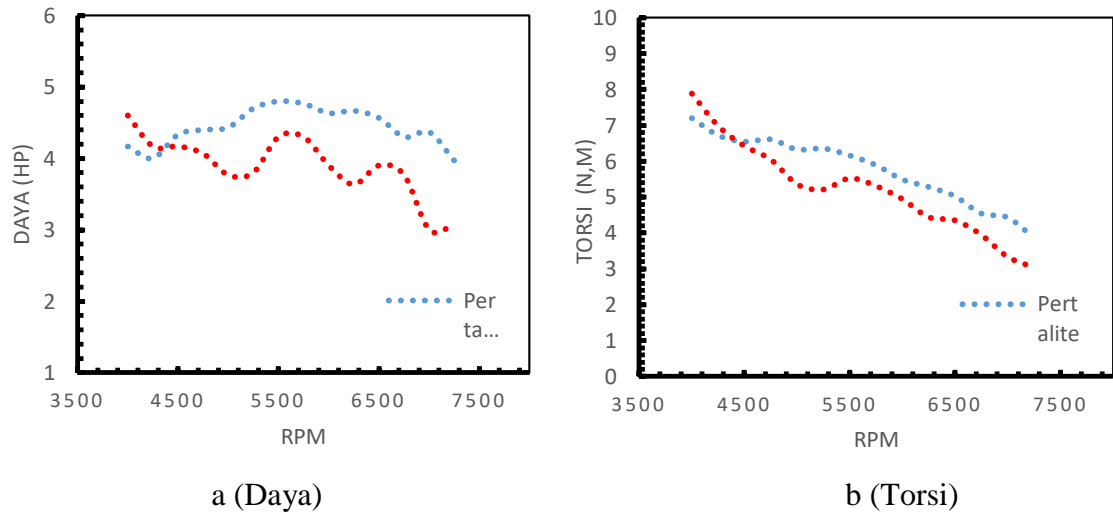
Bahan Bakar	Kerapatan (kg/m ³)	Nilai Kalor (MJ/Kg)	Angka Oktan
Pertalite [19]	770	44,14	90
Bioetanol dari Blotong	809,8	34,42	92
E10	772,27	42,54	91,8
E10 [19]	774,1	41,51	91,8

3.4 Pengujian Performa Mesin

Berdasar hasil pengujian, hasil performa mesin tidak jauh berbeda antara mesin yang menggunakan campuran bioetanol dari limbah blotong dengan pengujian mesin menggunakan pertalite murni (gambar 3). Peningkatan daya sebagai efek dari meningkatnya nilai oktan pada pertalite yang ditambah 10% bioethanol. Ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Deni Fajar Laksono [20] bahwa bioethanol memiliki angka oktan 108, sehingga campuran pertalite dengan bioethanol secara langsung akan meningkatkan nilai oktan.

Pada gambar 3, daya atau torsi yang menggunakan bahan bakar E10, lebih tinggi dibanding penggunaan pertalite di putaran mesin 4000, 4250 dan 4500. Ini disebabkan campuran E10 memiliki nilai oktan lebih tinggi dari pada pertalite sehingga meningkatkan pembakaran pada ruang mesin. Penambahan bioethanol pada pertalite akan meningkatkan daya dan torsi mesin karena efek bioetanol

sebagai bahan bakar akan teroksigenasi yang memungkinkan hasil pembakaran lebih baik. Selain itu peningkatan daya dan torsi pada penggunaan campuran bioethanol dengan pertalite disebabkan peningkatan viskositas dan densitas, ini sesuai dengan hasil Najafi dkk [7] yang melaporkan bahwa kelebihan oksigen dalam bioatenaol meningkatkan rasio bahan bakar – udara dan kepadatan bahan bakar. Menurut Masum dkk [21] penambahan bioethanol dapat menghasilkan campuran bahan bakar lebih baik sehingga pembakaran lebih efisien. Memasuki 4750 rpm sampai 7250 rpm daya atau torsi mesin yang menggunakan pertalite lebih tinggi di banding mesin yang menggunakan bahan bakar E10. Hal ini bisa di analisa pada penelitian ini bahan bakar E10 lebih efektif digunakan pada putaran mesin rendah. Pada putaran mesin menengah dan tinggi terjadi pre ignition dan menurunnya efesiensi bahan bakar. Untuk itu peningkatan kualitas bahan bakar dengan ditambahkannya bioethanol 10% perlu di dukung setting ulang system dan saat pengapian.

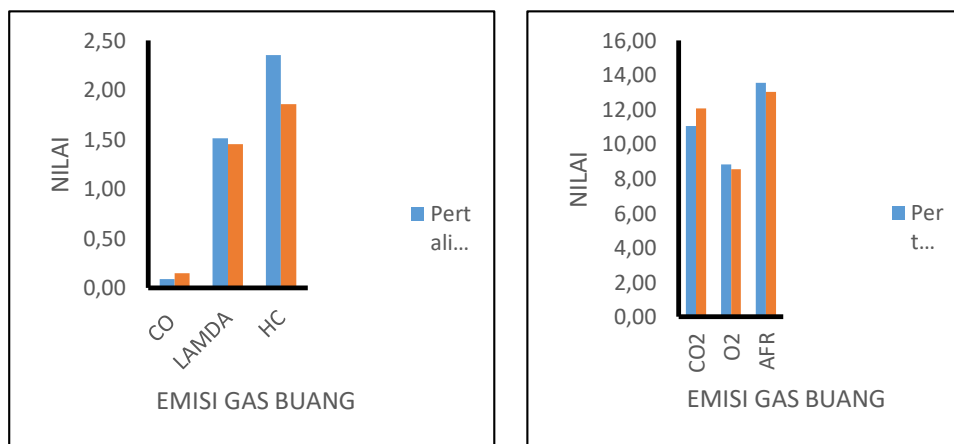


Gambar 3. Perbandingan daya dan torsi

3.5 Pembahasan Emisi Gas Buang.

Pengujian emisi gas buang dilakukan tiga kali pada setiap campuran sehingga didapat rata rata hasil uji emisi gas buang hasil pembakaran. Pada gambar 4 bisa

diketahui kadar emisi gas buang pada mesin yang menggunakan bahan bakar pertalite CO 0,09%, HC 2,35 ppm, CO₂ 11,06%, dan O₂ 8,83%. Lamda 1,51 dan AFR 13,56. Sedangkan mesin yang menggunakan bahan bakar E10 kadar emisi CO 0,15%, HC 1,86 ppm, CO₂ 12,08 %, dan O₂ 8,56 %. Lamda 1,45 dan AFR 13,04. Dari data dapat dianalisa mesin yang menggunakan bahan bakar E10 nilai emisi CO, HC, CO₂, dan O₂ lebih tinggi dibandingkan dengan emisi mesin yang menggunakan bahan bakar pertalite. Tingginya nilai keempat gas buang ini menunjukkan adanya pembakaran yang kurang sempurna karena pengapian mesin tidak mendukung peningkatan kualitas bahan bakar. Sehingga terjadi pre ignition sehingga emisi gas yang akan lebih tinggi.



Gambar 4. Perbandingan hasil uji emisi

3.6 Pembahasan Nilai Ekonomis dan Potensi Ekonomi

Setelah seluruh proses produksi bioethanol selesai maka bisa dihitung seluruh biaya produksinya. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui nilai ekonomis dari limbah blotong yang diolah menjadi bioethanol. Biaya yang timbul dari produksi 750 ml bioethanol dari limbah blotong meliputi biaya listrik Rp 14.537,95, pembelian ragi Rp 6.000, pembelian garam Rp 3.400 dan biaya pembelian silica gel Rp 4.500 dengan total biaya Rp 28.437,95. Jadi biaya produksi satu liter untuk produksi 1 liter bioethanol sebesar Rp. 37.965,27

Potensi ekonomi dari pengolahan limbah blotong menjadi bioethanol dengan kadar 96 % di PG Pagotan dapat di hitung dengan selisih harga bioatanol yang ada dipasar tiap liternya dijual seharga Rp 47.500,- dengan biaya produksi Rp 37.965,27 sehingga didapat selisih harga Rp. 9.534.73. Jika di PG Pagotan menghasilkan limbah blotong sebanyak 30 ton perhari maka bioethanol yang bisa dihasilkan sebanyak 9.000 liter. Potensi ekonomi yang ada dari jumlah produksi bioatanol dikali dengan selisih harga jual dengan biaya produksi maka ada potensi ekonomi sebesar Rp. 85.812.570 tiap harinya.

4 PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Etanol dihasilkan dari pengolahan limbah blotong tebu di dapat secara maksimal pada komposisi limbah blothong 250 gr yang simpan 1 hari sebelum digunakan, berat ragi 10 gr, waktu fermentasi 6 hari dan volume air 1000 ml yang menghasilkan kadar alcohol sebesar 10 %. Dengan destilasi empat tingkat dengan bahan baku yang digunakan 2.500 gram limbah blothong, 10.000 ml air dan 100 gram ragi didapatkan hasil 750 ml dengan kadar bioethanol 96%, nilai flash point 16,5 °C dan nilai kalori 8220,78 kcal/kg.
2. Biaya produksi satu liter bioetanol dari limbah blotong tebu dengan kadar 96 % sebesar Rp 37.965,27 sedangkan harga 1 liter bioethanol yang di jual dipasaran sebesar Rp 47.500,- sehingga ada selisih harga sebesar Rp 47.500 - Rp 37.965,27 = Rp. 9.534.73. Potensi ekonomi limbah blotong dari PG Pagotan jika diolah menjadi bioethanol dapat menghasilkan 9.000 liter bioetanol senilai Rp. 85.812.570. per hari.
3. Pada penelitian ini didapatkan hasil daya optimal saat mesin menggunakan bahan bakar pertalite sebesar 4,8 HP pada 5.000 rpm dan torsi maskimal sebesar 7,2 Nm pada 4.000 rpm. Sedangkan Penggunaan bahan bakar E10 (campuran 10 % bioethanol dan 90 % pertalite) daya optimal sebesar 4,6 Hp pada 4.000 rpm dan torsi

maksimal sebesar 7,9 Nm pada 4.000 rpm. Emisi gas buang yang dihasilkan mesin yang menggunakan bahan bakar E10 nilai emisi CO, HC, CO₂, dan O₂ lebih tinggi dibandingkan dengan emisi mesin yang menggunakan bahan bakar pertalite karena terjadi pre ignition

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Aiman, “Perkembangan teknologi dan tantangan dalam riset bioetanol di Indonesia,” *J. Kim. Terap. Indones. (Indonesian J. Appl. Chem.)*, vol. 16, no. 2, pp. 108–117, 2014.
- [2] A. Demirbas, “Biofuels securing the planet’s future energy needs,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 50, no. 9, pp. 2239–2249, 2009.
- [3] H. Ibrahim, A. H. Sebayang, S. Dharma, and A. S. Silitonga, “Prediksi kinerja mesin diesel dengan bahan bakar biodiesel-solar menggunakan artificial neural network,” *J. Muara Sains, Teknol. Kedokt. dan Ilmu Kesehat.*, vol. 1, no. 1, pp. 48–58, 2017.
- [4] A. H. Sebayang *et al.*, “A perspective on bioethanol production from biomass as alternative fuel for spark ignition engine,” *Rsc Adv.*, vol. 6, no. 18, pp. 14964–14992, 2016.
- [5] Y. Çay, I. Korkmaz, A. Çiçek, and F. Kara, “Prediction of engine performance and exhaust emissions for gasoline and methanol using artificial neural network,” *Energy*, vol. 50, pp. 177–186, 2013.
- [6] S. Kumar, N. Singh, and R. Prasad, “Anhydrous ethanol: A renewable source of energy,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 14, no. 7, pp. 1830–1844, 2010.
- [7] G. Najafi, B. Ghobadian, T. Tavakoli, D. R. Buttsworth, T. F. Yusaf, and M. Faizollahnejad, “Performance and exhaust emissions of a gasoline engine with ethanol blended gasoline fuels using artificial neural network,” *Appl. Energy*, vol. 86, no. 5, pp. 630–639, 2009.
- [8] M. Koç, Y. Sekmen, T. Topgül, and H. S. Yücesu, “The effects of ethanol–unleaded gasoline blends on engine performance and exhaust emissions in a spark-ignition engine,” *Renew. energy*, vol. 34, no. 10, pp. 2101–2106, 2009.
- [9] M. Ghazikhani, M. Hatami, B. Safari, and D. D. Ganji, “Experimental investigation of performance improving and emissions reducing in a two stroke SI engine by using ethanol additives,” *Propuls. Power Res.*, vol. 2, no. 4, pp. 276–283, 2013.
- [10] I. Schifter, L. Diaz, R. Rodriguez, J. P. Gómez, and U. Gonzalez, “Combustion and emissions behavior for ethanol–gasoline blends in a single cylinder engine,”

Fuel, vol. 90, no. 12, pp. 3586–3592, 2011.

- [11] M. A. Costagliola *et al.*, “Performances and emissions of a 4-stroke motorcycle fuelled with ethanol/gasoline blends,” *Fuel*, vol. 183, pp. 470–477, 2016.
- [12] P. Iodice, A. Senatore, G. Langella, and A. Amoresano, “Effect of ethanol–gasoline blends on CO and HC emissions in last generation SI engines within the cold-start transient: An experimental investigation,” *Appl. Energy*, vol. 179, pp. 182–190, 2016.
- [13] P. Iodice, G. Langella, and A. Amoresano, “Ethanol in gasoline fuel blends: Effect on fuel consumption and engine out emissions of SI engines in cold operating conditions,” *Appl. Therm. Eng.*, vol. 130, pp. 1081–1089, 2018.
- [14] Y. Ma, W. Cai, and Y. Liu, “An integrated engineering system for maximizing bioenergy production from food waste,” *Appl. Energy*, vol. 206, pp. 83–89, 2017.
- [15] Y. Susmiati, “Prospek Produksi Bioetanol dari Limbah Pertanian dan Sampah Organik,” *Ind. J. Teknol. dan Manaj. Agroindustri*, vol. 7, no. 2, pp. 67–80, 2018.
- [16] O. I. L. With *et al.*, “Decreasing Rice Field Soil With " Filter Cake " in Making Friendly Brick Mengurangi Bahan Baku Tanah Sawah Dengan Menambah Limbah " Blotong " Pada Pembuatan Batu Bata Ramah Lingkungan,” *Eco Rekayasa*, vol. 9, no. 2, pp. 109–115, 2013.
- [17] Z. Abidin, “Pembuatan bioethanol dari limbah pabrik gula (Blotong),” *Jur. Tek. Mesin FT Unesa*, 2016.
- [18] A. Dwi Prasetyo, “Pembuatan Bioethanol Dari Limbah Blothong Sebagai Campuran Pada Pertalite Untuk Peningkatan Nilai Kalor,” Polikitenik Negeri Madiun, 2017.
- [19] H. I. Ibrahim, “KINERJA MESIN DAN EMISI GAS BUANG MESIN BENSIN MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR CAMPURAN PERTALITE-BIOETANOL TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT,” *Pist. (Jurnal Ilm. Tek. Mesin Fak. Tek. UISU)*, vol. 2, no. 2, pp. 40–45, 2018.
- [20] D. F. Laksono, “PENGARUH CAMPURAN BIOETHANOL DENGAN PREMIUM, PERTALITE, DAN PERTAMAX TERHADAP PERFORMA MESIN SEPEDA MOTOR 4 LANGKAH.” Universitas Negeri Semarang, 2017.
- [21] B. M. Masum, H. H. Masjuki, M. A. Kalam, Sm. Palash, and M. Habibullah, “Effect of alcohol–gasoline blends optimization on fuel properties, performance and emissions of a SI engine,” *J. Clean. Prod.*, vol. 86, pp. 230–237, 2015.